

# BEST AVAILABLE COPY



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

## Offenlegungsschrift ⑯ DE 4016922 A1

⑮ Int. Cl. 5:  
**G01D 5/14**  
G01R 19/25  
// G01K 7/00, G01L  
13/00, G01R 19/08

DE 4016922 A1

⑯ Aktenzeichen: P 4016922.7  
⑯ Anmeldetag: 25. 5. 90  
⑯ Offenlegungstag: 28. 11. 91

⑯ Anmelder:  
Schoppe & Faeser GmbH, 4950 Minden, DE

⑯ Erfinder:  
Popp, Werner, 4950 Minden, DE

DE 4016922 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

### ⑯ Elektrischer Meßumformer nach dem Zwei-Draht-Verfahren

- ⑯ Die Höhe der für einen elektrischen Meßumformer nach dem Zwei-Draht-Verfahren, der das Ausgangssignal eines Sensors in einen eingeprägten Ausgangstrom umformt, dessen Höhe ein Maß für die zu messende Größe ist, und der eine Prozessor-Schaltung aufweist, die das digitalisierte Ausgangssignal des Sensors mit Korrekturwerten verknüpft und die mit einer externen Kommunikations-Einheit digitale Daten austauscht, zur Verfügung stehende Versorgungsenergie ist begrenzt. Daraus ergibt sich eine Begrenzung der Verarbeitungsgeschwindigkeit der Prozessor-Schaltung, die dazu führt, daß das Ausgangssignal des Meßumformers nicht in der Lage ist, schnellen Änderungen der zu messenden Größe unmittelbar zu folgen. Dieser Nachteil wird dadurch beseitigt, daß der Meßumformer einen analogen Hauptübertragungsweg für das Ausgangssignal des Sensors und einen digitalen Übertragungsweg für den Austausch der digitalen Daten mit der Kommunikations-Einheit und für die Berechnung von Korrekturwerten für das Ausgangssignal des Sensors aufweist. Die digitalen Korrekturwerte werden in analoge Korrekturwerte umgewandelt und mit dem analogen Ausgangssignal des Sensors verknüpft.

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen elektrischen Meßumformer nach dem Zwei-Draht-Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs.

Ein derartiger Meßumformer ist aus der Druckschrift "User's Manual: Model 3051C - Smart Pressure Transmitter" der Fa. Rosemount, August 1988, Veröffentlichungs-Nummer 4622/4623 bekannt. In der Flg. 9-2 auf Seite 9-1 dieser Druckschrift ist das Blockschaltbild eines Differenzdruck-Meßumformers nach dem Zwei-Draht-Verfahren dargestellt. Der Differenzdruck-Meßumformer enthält einen Sensor, der den zu messenden Differenzdruck und die Temperatur des Sensors in entsprechende elektrische Signale umformt. Diese elektrischen Signale werden von einem Analog/Digital-Wandler in digitale Signale umgesetzt und einer Elektronik-Schaltung mit einem Mikroprozessor zugeführt. Der Mikroprozessor steuert die Signalverknüpfungen des Meßumformers. Zusätzlich führt er Berechnungen für die Linearisierung des Sensors und für die Bereichseinstellung durch sowie die Kommunikation mit einer externen Kommunikations-Einheit. Ein Digital/Analog-Wandler setzt die digitalen Signale des Mikroprozessors in ein 4 - 20 mA-Signal um, das über eine Zwei-Draht-Leitung in üblicher Weise einer Warte zugeführt ist. Der Mikroprozessor tauscht mit einer externen Kommunikation-Einheit digitale Daten aus. Der Datenaustausch erfolgt über Hochfrequenzsignale, die dem 4 - 20 mA-Signal so überlagert sind, daß sie seinen Mittelwert nicht verfälschen. Bei der Konzeptionierung dergestalteriger Meßumformer besteht ein Widerspruch zwischen den Anforderungen an die Verarbeitungsgeschwindigkeit einerseits und dem Energiebedarf der Schaltelemente andererseits. Aus der Begrenzung der maximalen Versorgungsenergie für den Meßumformer ergibt sich eine Begrenzung der Verarbeitungsgeschwindigkeit des Mikroprozessors, die dazu führt, daß das Ausgangssignal des Meßumformers nicht in der Lage ist, schnellen Änderungen der zu messenden Größe unmittelbar zu folgen.

Der Erfundung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Meßumformer der eingangs genannten Art zu schaffen, der ein kontinuierliches Ausgangssignal abgibt, das in der Lage ist, auch schnellen Änderungen der zu messenden Größe ohne Unterbrechung zu folgen.

Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß durch die im Kennzeichen des Patentanspruchs angegebenen Merkmale gelöst. Die Meßwertverarbeitung geschieht für dynamische Vorgänge nur auf dem analogen Übertragungsweg. Der Prozessor greift nur korrigierend in den analogen Übertragungsweg ein. Die Konfigurierung des Meßumformers und die Kommunikation mit externen Hilfsgeräten oder Rechnern erfolgt über den digitalen Übertragungsweg, ohne die Meßwertübertragung zu unterbrechen. Die Erfundung erlaubt die Verwendung niedriger Taktfrequenzen für den Prozessor und den Analog/Digital-Wandler und damit einen stromsparenden Betrieb.

Die Erfundung wird im folgenden mit ihren weiteren Einzelheiten anhand von in den nachfolgenden Zeichnungen, dargestellten Ausführungsbispielern näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 das Blockschaltbild eines ersten Differenzdruck-Meßumformers gemäß der Erfundung und

Fig. 2 das Blockschaltbild eines weiteren Differenzdruck-Meßumformers gemäß der Erfundung.

Gleiche Teile sind mit den gleichen Bezeichnungen

versehen.

Die Fig. 1 zeigt das Blockschaltbild eines ersten Differenzdruck-Meßumformers gemäß der Erfundung. Ein Sensor 1 erfaßt den zu messenden Differenzdruck  $d_p$ , den auf den Sensor 1 einwirkenden statischen Druck  $p$  sowie die Temperatur  $T$  des Sensors 1 und setzt diese Größen in entsprechende elektrische Analogsignale um. Diese Ausgangssignale des Sensors 1 sind über Leitungen 2, 3 und 4 den Eingängen von drei Analog/Digital-Wandlern 5.1, 5.2 und 5.3 zugeführt. Das dem Differenzdruck  $d_p$  entsprechende Ausgangssignal des Sensors 1 ist zusätzlich dem ersten Eingang einer Verknüpfungsschaltung 6 zugeführt. Die Ausgänge der Analog/Digital-Wandlers 5.1, 5.2 und 5.3 sind mit einer Prozessor-Schaltung 7 verbunden. Die Prozessor-Schaltung 7 berechnet aus den digitalisierten Ausgangssignalen des Sensors 1 zwei digitale Korrektursignale für das dem Differenzdruck  $d_p$  entsprechende Analogsignal. Ein erster Digital/Analog-Wandler 8 wandelt das erste digitale Korrektursignal in ein erstes analoges Korrektursignal um. Das erste analoge Korrektursignal ist über eine Leitung 9 dem zweiten Eingang der Verknüpfungsschaltung 6 zugeführt. Ein zweiter Digital/Analog-Wandler 10 wandelt das zweite digitale Korrektursignal in ein zweites analoges Korrektursignal um. Das zweite analoge Korrektursignal ist über eine Leitung 11 dem dritten Eingang der Verknüpfungsschaltung 6 zugeführt. Die Verknüpfungsschaltung 6 verknüpft das dem Differenzdruck  $d_p$  entsprechende Analogsignal mit dem ersten analogen Korrektursignal, das der Verknüpfungsschaltung 6 über die Leitung 9 zugeführt ist, durch eine vorzeichenbewertende Summenbildung. Zusätzlich erfolgt in der Verknüpfungsschaltung 6 eine multiplikative Verknüpfung des dem Differenzdruck  $d_p$  entsprechenden Analogsignals mit dem zweiten analogen Korrektursignal, das der Verknüpfungsschaltung 6 über die Leitung 11 zugeführt ist. Bei geringeren Anforderungen an die Qualität der Korrektur ist es auch möglich, auf das erste oder auf das zweite analoge Korrektursignal zu verzichten, so daß die Korrektur des dem Differenzdruck  $d_p$  entsprechenden Analogsignals entweder nur durch vorzeichenbewertende Summenbildung oder nur durch multiplikative Verknüpfung erfolgt. Der Ausgang der Verknüpfungsschaltung 6 ist mit dem Eingang einer Verstärker-Schaltung 12 verbunden, die das Ausgangssignal der Verknüpfungsschaltung 6 in einen eingeprägten Strom umwandelt. Der Verstärker-Schaltung 12 ist eine Meßumformer-Schnittstelle 13 nachgeschaltet. Die Meßumformer-Schnittstelle 13 verknüpft den analogen Übertragungsweg des Meßumformers, der aus der Verknüpfungsschaltung 6 und der Verstärker-Schaltung 12 besteht, mit dem digitalen Übertragungsweg des Meßumformers, der aus der Prozessor-Schaltung 7 besteht. Die Meßumformer-Schnittstelle 13 ist in üblicher Weise über eine Zwei-Draht-Leitung 14 mit einer in der Zeichnung nicht dargestellten Warte verbunden, in der die zu messende Größe angezeigt wird. Die Kommunikation mit der Prozessor-Schaltung 7 erfolgt über eine hier ebenfalls nicht dargestellte Kommunikations-Schnittstelle, die mit der Zwei-Draht-Leitung 14 verbunden ist. Der analoge Übertragungsweg für das dem Differenzdruck  $d_p$  entsprechende Ausgangssignal des Sensors 1 besteht aus der Verknüpfungsschaltung 6, der Verstärker-Schaltung 12 und der Meßumformer-Schnittstelle 13. Der über die Zwei-Draht-Leitung 14 fließende Ausgangstrom folgt den Änderungen des Differenzdrucks  $d_p$  sofort.

Die Fig. 2 zeigt das Blockschaltbild eines zweiten Differenzdruck-Meßumformers gemäß der Erfindung. So wie dieser Differenzdruck-Meßumformer mit dem in der Fig. 1 dargestellten Differenzdruck-Meßumformer übereinstimmt, sind für die entsprechenden Teile dieselben Bezeichnungen wie in der Fig. 1 verwendet worden. Ergänzend zu dem in der Fig. 1 dargestellten Meßumformer ist zwischen die Verknüpfungs-Schaltung 6 und die Verstärker-Schaltung 12 ein Rechenglied 15 mit radizierendem Übertragungsverhalten geschaltet. Das Rechenglied 15 formt das ihm zugeführte analoge Eingangssignal in ein impulsbreitenmodulierte Zwischen-<sup>15</sup>  
signal um, dessen Pulsbreitenverhältnis ein Maß für die Quadratwurzel des Eingangssignals ist. Eine in dem Rechenglied 15 enthaltene Integrerschaltung, im einfachsten Fall ein RC-Glied, bildet den arithmetischen Mittelwert des impulsbreitenmodulierten Zwischensignals. Das Ausgangssignal der in dem Rechenglied 15 enthaltenen Integrerschaltung ist der Verstärker-Schaltung 12 als analoges Eingangssignal zugeführt. Durch Auszählung des Pulsbreitenverhältnisses des impulsbreitenmodulierten Zwischensignals mit Impulsen, deren Frequenz höher als die des Zwischensignals ist, erfolgt eine Digitalisierung des radizierten Analogsignals. Das digitalisierte Ausgangssignal des Rechengliedes 15 ist ein  
<sup>20</sup> Maß für den auf den Sensor 1 wirkenden Differenzdruck  $d_p$ . Es ist über die Datenleitung 16 der Prozessor-Schaltung 7 zugeführt. Der Analog/Digital-Wandler 3,3, der in dem in der Fig. 1 dargestellten Differenzdruck-Meßumformer das dem Differenzdruck  $d_p$  entsprechende Analogsignal digitalisiert, entfällt daher in dem in der Fig. 2 dargestellten Differenzdruck-Meßumformer. Auch für dieses Ausführungsbeispiel gilt, daß der über die Zwei-Draht-Leitung 14 fließende Ausgangstrom den Änderungen des Differenzdrucks  $d_p$  sofort folgt.  
<sup>25</sup>

Abweichend von dem in der Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel kann das Rechenglied 15 bei Bedarf anstelle des radizierenden Übertragungsverhaltens ein lineares Übertragungsverhalten aufweisen. In diesem Fall formt das Rechenglied 15 das ihm zugeführte analoge Eingangssignal in ein impulsbreitenmoduliertes Zwischen-<sup>40</sup>  
signal um, dessen Pulsbreitenverhältnis proportional zu dem Eingangssignal ist. Die Weiterverarbeitung des impulsbreitenmodulierten Zwischensignals durch Bildung des arithmetischen Mittelwertes einerseits und durch Auszählung des Pulsbreitenverhältnisses andererseits erfolgt in der gleichen Weise wie oben beschrieben.

## Patentanspruch

50

Elektrischer Meßumformer nach dem Zwei-Draht-V erfahren, mit einem Sensor für die zu messende Größe und mit einer diesem nachgeschalteten Elektronik-Schaltung, die das Ausgangssignal des Sensors in einen eingeprägten Ausgangstrom umformt, dessen Höhe ein Maß für die zu messende Größe ist, und mit einer Prozessor-Schaltung, die das Ausgangssignal des Sensors nach vorgegebenen Kriterien korrigiert und die zusätzlich mit einer externen Kommunikations-Einheit digitale Daten austauscht, wobei die Datenübertragung zwischen der Prozessor-Schaltung und der Kommunikationseinheit über ein Hochfrequenzsignal erfolgt, das dem eingeprägten Ausgangstrom überlagert ist, dadurch gekennzeichnet,

– daß der Meßumformer einen analogen und einen digitalen Übertragungsweg aufweist,

- daß der analoge Übertragungsweg als Hauptübertragungsweg dient, wobei die Durchschaltung und Umwandlung des Ausgangssignals des Sensors in den eingeprägten Ausgangstrom in dem analogen Übertragungsweg erfolgt, und
- daß die von der Prozess-Schaltung berechneten Korrekturwerte nach einer Umformung in Analogsignale mit dem analogen Ausgangssignal des Sensors verknüpft werden.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

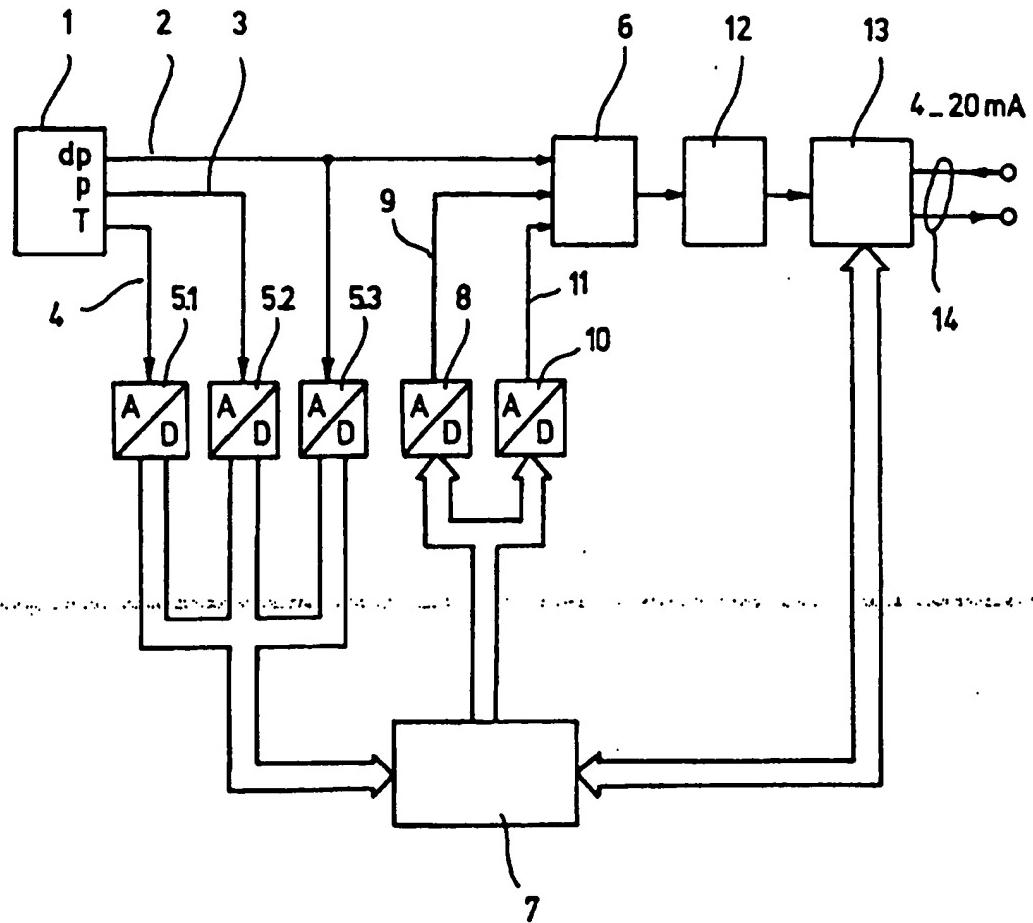


Fig. 1

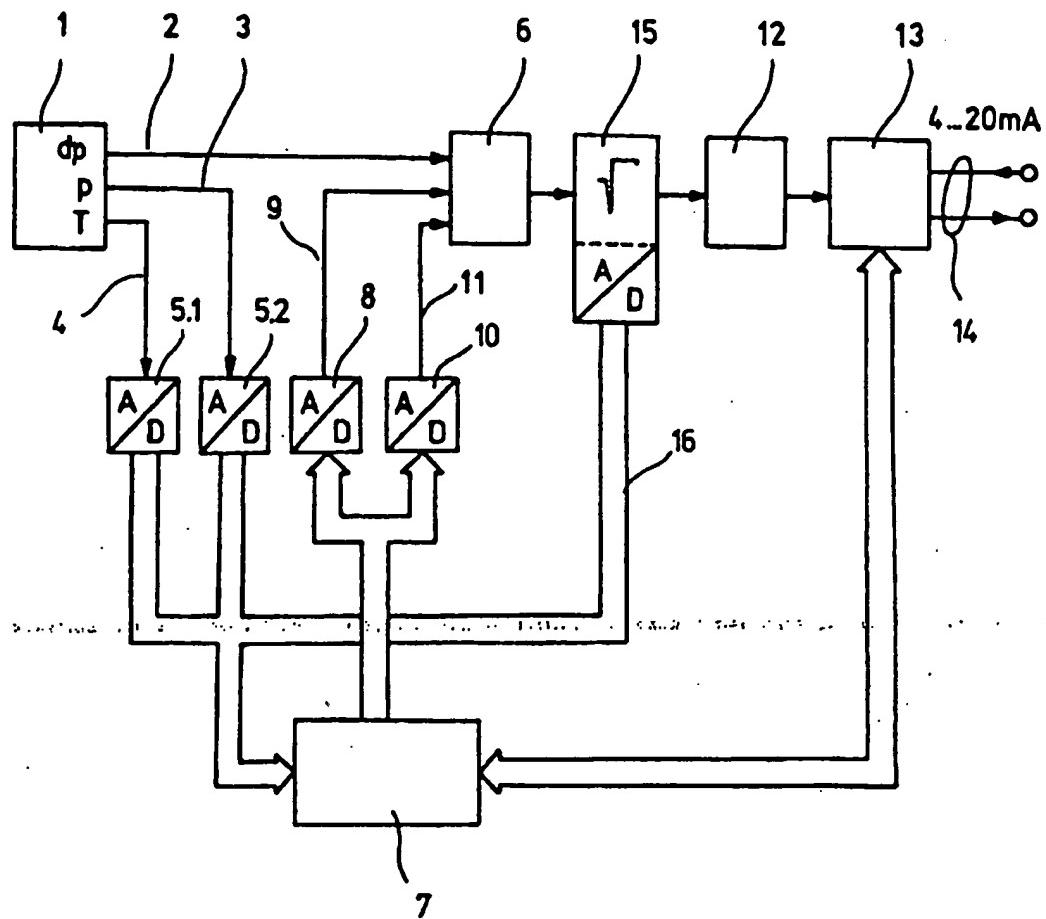


Fig. 2

**- Leerseite -**

**BEST AVAILABLE COPY**

[001] The invention refers to an electrical transducer in the two-wire procedure in accordance with the generic term of the patent claim.

[002] A such transducer is from the block letters "User's manual: Model 3051 C - Smart Pressure transmitter "of the company Rosemount, August 1988, publication number 462214623 admits. In the Fig. the block diagram of a differential pressure transducer is represented 9-2 on page 9-1 of this block letters in the two-wire procedure. The differential pressure transducer contains a sensor, which transforms the differential pressure and the temperature of the sensor which can be measured into appropriate electrical signals. These electrical signals are converted by an analog/digital transducer into digital signals and supplied to a electronics circuit with a microprocessor. The microprocessor steers the signal logics of the transducer.

Additionally it leads computations for the linearization of the sensor and for the range adjustment through as well as communication with an external communication unit. A digital/similar to transducer converts the digital signals of the microprocessor into 4... 20 a mA signal, which is supplied control room by way of a two wire line in usual way. The microprocessor exchanges digital data with an external communication unit. Data exchange is made by high frequency signals, which are so overlaid that 4... 20 mA signal that they do not falsify its average value. With the Konzeptionierung of such transducers a contradiction between the requirements exists to speed of operation on the one hand and the power requirement of the circuit elements on the other hand. From the delimitation of the maximum supplying energy for the transducer results a delimitation of the speed of operation of the microprocessor, which leads to the fact that the output signal of the transducer is not able fast changes of the size which can be measured to follow directly.

[003] The invention is the basis the task to create a transducer of the kind initially specified which a continuous output signal delivers, which is able, also changes of the size without interruption, which can be measured, snap to follow.

[004] This task is solved according to invention by the characteristics indicated in the characteristic of the patent claim. The measured variable processing happens for dynamic procedures only on the similar transmission path. The processor intervenes only correcting in the similar transmission path. Configuring the transducer and communication with external auxiliary devices or computers are made by the digital transmission path, without interrupting the measured value transmitting. The invention permits the use of low clock frequencies for the processor and the analog/digital transducer and thus a current saving enterprise.

[005] The invention is more near described to represented remark examples in the following with its further details on the basis in the following designs. Show

[006] Fig. 1 the block diagram of a first differential pressure transducer in accordance with the invention and

[007] Fig. 2 the block diagram of a further differential pressure transducer in accordance with the invention.

[008] Same parts are provided with the same reference symbols.

[009] The Fig. 1 shows the block diagram of a first differential pressure transducer in accordance with the invention. A sensor 1 seizes the differential pressure which can be measured  $d_p$ , that on the sensor 1 influencing static pressure  $p$  as well as the temperature  $T$  of the sensor 1 and converts these sizes into appropriate electrical analog signals. These output signals of the sensor 1 are supplied the entrances of three analog/digital transducers 5,1, 5,2 and 5,3 by way of Leitun towards 2, 3 and 4. Dp appropriate output signal of the sensor 1 additionally the first entrance of a linkage circuit 6 is supplied the differential pressure. The exits of the analog/digital transducers 5,1, 5,2 and 5,3 are connected with a processor circuit 7. The processor circuit 7 computes two digital correction signals for the differential pressure  $d_p$  appropriate analog signal from the digitized output signals of the sensor 1.

[010] A first digital/analog transducer 8 converts the first digital correction signal into a first similar correction signal. The first similar correction signal is supplied the second entrance of the linkage circuit 6 by way of a line 9. A second digital/similar to transducer 10 converts the second digital correction signal into a second similar correction signal. The second similar correction signal is supplied the third entrance of the logic circuit 6 by way of a line 11. The logic circuit 6 links the differential pressure  $d_p$  appropriate analog signal with the first similar correction signal, which the Verknuep fungs circuit 6 by way of the line 9 is supplied, by an sign-evaluating accumulation. Additionally takes place in the logic circuit 6 a multiplicative linkage the differential pressure  $d_p$  appropriate analog signal with the second similar correction signal, which is supplied the logic circuit 6 by way of the line 11. During smaller requirements of the quality of the correction it is also possible to do first or without the second similar correction signal so that the correction the differential pressure  $d_p$  appropriate analog signal either only via sign-evaluating accumulation or only via

multiplicative linkage takes place. The exit of the logic circuit 6 is connected with the entrance of a verstaerker-Schaltung 12, which the output signal the linkage scarf converts tung 6 into a stamped river. The verstaerker-Schaltung 12 a transducer interface 13 is downstream. The transducer interface 13 links the similar transmission path of the transducer, which consists of the linkage circuit 6 and the verstaerker-Schaltung 12, with the digital transmission path of the transducer, which consists of the processor circuit 7. The transducer interface 13 is connected in usual way by a two-wire line 14 with control room not represented in the design, in which the size which can be measured is indicated.

Communication with the processor circuit 7 is made by a here likewise not represented communication interface, which is connected with the two-wire line 14. The similar transmission path for the differential pressure dp appropriate output signal of the sensor 1 consists of the logic circuit 6, the Verstaer ker circuit 12 and the transducer interface 13. Output current flowing over the two-wire line 14 follows the changes of the differential pressure immediately dp.

- [011] The Fig. the block diagram of a second differential pressure transducer shows 2 in accordance with the invention. So far this differential pressure transducer with in the Fig. 1 represented differential pressure transducer agrees, is for the appropriate parts the same reference symbols as in the Fig. 1 used. In addition one to in the Fig. 1 represented transducer is switched between the logic circuit 6 and the verstaerker-Schaltung 12 a computing member 15 with extracting the root transient characteristic. The computing member 15 transforms it supplied similar input signal into a pulse width-modulated intermediate signal, whose pulse width relationship is a measure for the square root of the input signal. One in the RH chenglied 15 contained integrating circuit, in the simplest case an RC element, forms the arithmetic average value of the pulse width-modulated intermediate signal. The output signal of the integrating circuit contained in the computing member 15 is supplied the verstaerker-Schaltung 12 as similar input signal. Via counting of the pulse width relationship of the pulse width-modulated intermediate signal with impulses, whose frequency is higher than those of the intermediate signal, a digitization of the extracted the root analog signal takes place. The digitized output signal of the computing member 15 is a measure for differential pressure the affecting the sensor 1 dp. It is supplied by way of the data line 16 of the processor circuit 7. The analog/digital transducer 5,3, that in in the Fig. 1 represented differential pressure transducer the differential pressure dp appropriate analog signal digitized, is void therefore in in the Fig. 2 represented differential pressure transducer. Also for this remark example it

applies that output current flowing over the two-wire line 14 follows the changes of the differential pressure immediately  $dp$ .

- [012] Deviating from in the Fig. the computing member 15 can exhibit 2 represented remark example if necessary in place of the extracting the root transient characteristic a linear transient characteristic. In this case the computing member 15 transforms it supplied similar input signal into a pulse width-modulated intermediate signal, whose pulse width relationship is proportional to the input signal. The subsequent treatment of the pulse width-modulated intermediate signal via education of the arithmetic average value on the one hand and via counting of the pulse width relationship on the other hand effected in the same way as above described.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**